

УДК 621.923

Р.М. Стрельчук, М.Д. Узунян, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЗЕРЕН МОНОКАРБИДА ВОЛЬФРАМА НА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ**

*Представлені результати досліджень якісних характеристик твердосплавних інструментів з нанорозмірних зерен монокарбід вольфраму після алмазно-іскрового шліфування. Показано перевагу твердого сплаву «ВолКар» порівняно з традиційним сплавом ВК6 по таким характеристикам якості інструментів як шорсткість і гострота ріжучої кромки.*

*Представлены результаты исследований качественных характеристик твердосплавных инструментов из наноразмерных зерен монокарбида вольфрама после алмазно-искрового шлифования. Показано преимущество твердого сплава «ВолКар» по сравнению с традиционным сплавом ВК6 по таким характеристикам качества инструментов как шероховатость и острота режущей кромки.*

*R.M. STREL'CHUK, M.D. UZUNJAN*

*EFFECT OF QUALITY CHARACTERISTICS OF INSTRUMENTS HARD GRAINS  
MONOCARBIDE NANOSIZED TUNGSTEN ON THEIR PERFORMANCE*

*The results of investigations of qualitative characteristics of carbide tools of nanoscale grains of tungsten monocarbide after diamond grinding spark. The advantage of the hard alloy "WolKar" compared with traditional fusion VK6 on characteristics such as roughness of quality tools and cutting edge sharpness.*

Разработка и создание новых инструментальных материалов, а также поиск эффективных методов их использования является одним из факторов, способствующих эффективной обработке современных конструкционных материалов.

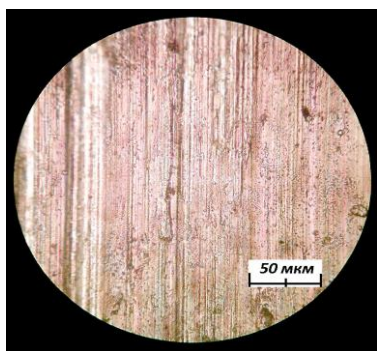
Именно поэтому во всем мире резко увеличивается производство тонкодисперсных твердых сплавов. В соответствии с современной классификацией в зависимости от величины зерна карбидной фазы, тонкодисперсные твердые сплавы подразделяются на субмикронные с размером зерна 0,5-1,2 мкм, ультрадисперсные – 0,2-0,5 мкм и наноразмерные – менее 0,2 мкм; при этом задача повышения качества твердых сплавов решается в основном путем наноструктурирования.

В настоящее время при разработке новых инструментальных материалов основное внимание уделяется созданию нанокомпозитов на основе карбидов с металлами – связками, например WC/Co, которые значительно превосходят по прочности, износостойкости, ударной вязкости и другим физико-механическим свойствам аналогичные материалы с традиционной структурой. Эти материалы получают механическим перемешиванием соответствующих порошков с последующим холодным прессованием и затем спеканием.

ем. Сложность этой технологии и ее недостаток состоит в необходимости механического перемешивания ультрадисперсных порошков карбида вольфрама и кобальта, что не позволяет получать достаточно надежную степень однородности, а в спеченных твердых сплавах не обеспечивается наноразмерная структура зерен [1]. Кроме того, поскольку при механической обработке с высокими скоростями температура в зоне резания может достигать 800 – 1000 °С и такой ее уровень будет способствовать размягчению кобальтовой связки, уменьшению твердости инструментального материала и снижению износостойкости инструмента.

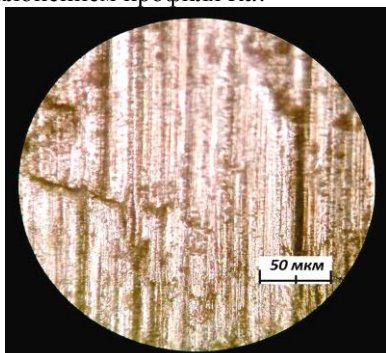
Для оценки преимуществ нового твердого сплава из наноразмерных зерен монокарбида вольфрама (ВолКар) по сравнению с традиционными сплавами представляют интерес результаты анализа таких характеристик качества инструментов как шероховатость и острота (радиус округления) режущей кромки. Для сравнения исследовались режущие пластины из твердого сплава «ВолКар» и традиционного твердого сплава ВК6.

Эксперимент по определению шероховатости режущей кромки заключался в следующем. На токарно-винторезном станке 16К20 устанавливалась в центрах деталь цилиндрической формы с размерами  $d = 55$  мм,  $l = 300$  мм. Материал детали – латунь Л60 с твердостью HB 30...49. Режущий инструмент устанавливался таким образом, чтобы режущая кромка была параллельна оси вращения детали. Резцы имели следующие геометрические параметры:  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 45^\circ$ . Эксперименты проводились при врезном точении на токарно-винторезном станке 16К20 при следующих режимах:  $V = 70$  м/мин,  $S_{\text{нон}} = 0,05$  мм/об. Режущая кромка при минимальной поперечной подаче вводилась в контакт с деталью и поэтому она оставляла свой отпечаток на ее поверхности. Шероховатость отпечатка на поверхности детали оценивалась средним арифметическим отклонением профиля  $Ra$ .



*a*

×100



*б*

×100

Рисунок 1 – Микрофотографии обработанной поверхности латуни: а – после обработки твердым сплавом «ВолКар», б – после обработки твердым сплавом ВК6.

Режимы точения:  $V = 70$  м/мин,  $S_{\text{поп}} = 0,05$  мм/об, геометрические параметры инструмента:  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 45^\circ$ .

В результате исследований было установлено, что после обработки наноструктурным твердым сплавом «ВолКар» шероховатость составила  $Ra$  1,1...1,3 мкм; а после обработки твердым сплавом ВК6 –  $Ra$  4,7...4,9 мкм. Иллюстрация вида обработанной поверхности латуни показана на микрофотографиях рис. 1.

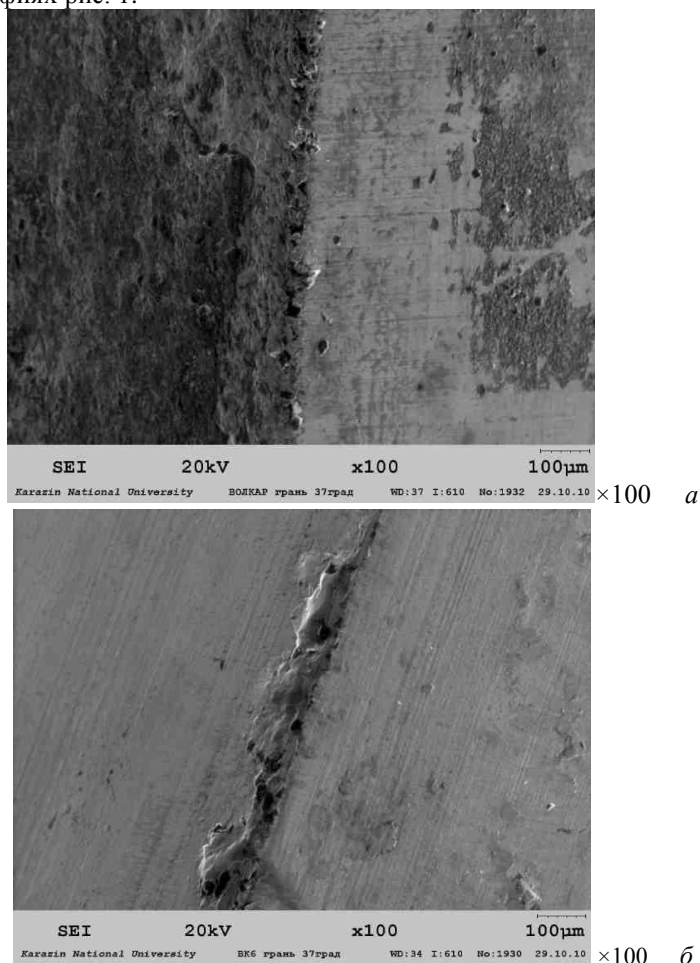


Рисунок 2 – Микрофотографии шероховатости кромки:  
а – твердый сплав «ВолКар», б – твердый сплав ВК6.

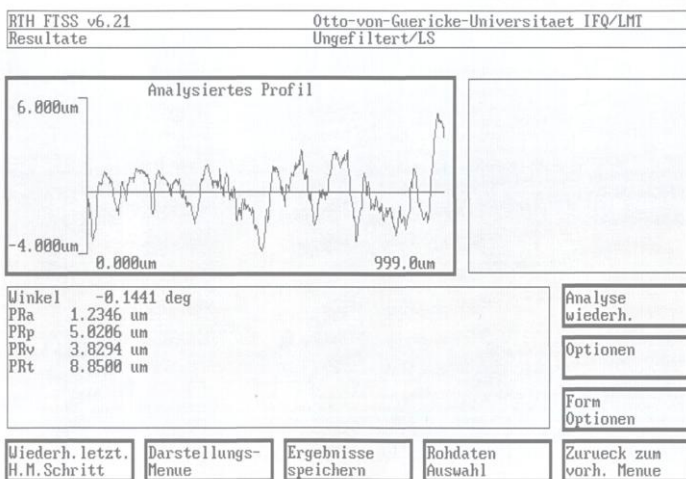
Микрофотографии (рис. 2), полученные с помощью сканирующего микроскопа «Jeol-JSM-840» также позволяют оценить состояние и характер режущей кромки инструментов из рассматриваемых материалов.

На микрофотографиях видно, что шероховатость кромки наноструктурного твердого сплава «ВолКар» (рис. 2 а) существенно отличается от шероховатости кромки твердого сплава ВК6 (рис. 2 б). Это можно объяснить механизмом образования режущей кромки; она формируется за счет сколов при обработке рабочих поверхностей инструмента. Поэтому не может быть непосредственной геометрической связи между микронеровностями режущей кромки и ее образующих поверхностей [2]. Основными факторами, определяющими величину сколов и микрогеометрию кромки, можно считать силы резания, направление их приложения, физико-механические свойства инструментального материала, а также геометрические параметры режущего клина на инструмента, определяющие его прочность.

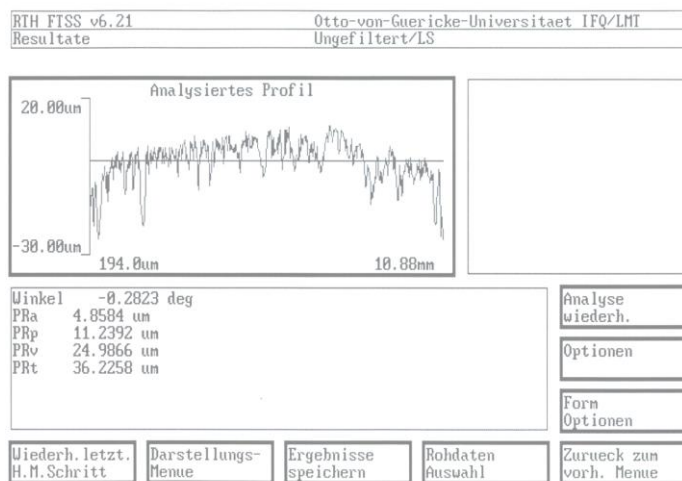
Исследования показали, что в отличие от традиционного твердого сплава (например ВК6), наноструктурный твердый сплав «ВолКар» менее чувствителен к изменяющимся условиям обработки, а значит и шероховатость кромки у наноструктурного сплава «ВолКар» должна быть меньше. Существенную роль в образовании сколов режущей кромки играет пористость твердых сплавов и включения графита, ослабляющие ее прочность.

На универсальной измерительной станции HOMMELWERKE T8000 были получены профилограммы шероховатости режущей кромки как для сплава «ВолКар», так и для твердого сплава ВК6 (рис. 3). Результаты профилограмм сопоставимы с результатами экспериментов полученных по отпечатку на поверхности латуни.

Для определения остроты кромки был проведен эксперимент по следующей методике. Режущая кромка вдавливалась в торец доведенной поверхности медных пластин. Две доведенные до зеркальной поверхности медные пластины с размерами  $30 \times 20 \times 2$  мм предварительно сжимались струбциной, т. е. две доведенные боковые поверхности плотно прилегали одна к другой. Таким образом, исключалось появление навалов на боковых доведенных поверхностях медных пластин, и с помощью металлографического микроскопа производился анализ микрофотографии отпечатка кромки на боковых доведенных поверхностях медных пластин (рис. 4). Для сравнения исследовались режущие пластины из наноструктурного твердого сплава «ВолКар» и традиционного твердого сплава ВК6. Острота режущей кромки оценивалась величиной ее радиуса округления  $\rho$ . В действительности считается, что режущая кромка описывается сложной кривой, которую приближенно можно принять в виде дуги окружности [3].



a



b

Рисунок 3 – Профилограммы шероховатости режущей кромки  
 а – твердый сплав «ВолКар», б – твердый сплав ВК6.  
 круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01;  $P_n = 1,2$  МПа,  $V = 25$  м/с.

Анализ микрофотографий показал, что для наноструктурного сплава «ВолКар» радиус округления составил значение  $\rho = 12$  мкм, а для твердого сплава ВК6 –  $\rho = 28$  мкм. Радиус округления режущей кромки играет существенную роль в процессе резания и формирования поверхностного слоя. От

радиуса округления зависит образование неровностей обработанной поверхности, наклеп поверхностного слоя, величина возникающих сил, минимальная толщина стружки, которую можно срезать в условиях нормального процесса резания, что особенно существенно при выполнении отделочных операций.

Оценивая свойства материалов, их устойчивость в различных условиях эксплуатации в последнее время рассматривается такая характеристика как величина удельного модуля Юнга  $E_{уд}$ , определяемого как отношение его к плотности материала [4]. Применительно к условиям работы пластин из твердого сплава марки «ВолКар» целесообразно по нашему мнению отметить следующее. Как известно, при оценке свойств одной из важнейших характеристик является модуль Юнга. Он является структурно-нечувствительным свойством, определяется природой межатомного взаимодействия, и поэтому упругие характеристики материала не зависят от той формы, в которой он представлен. При высокоскоростной обработке (высокие температуры) режущий клин у кромки инструмента, его форма с малым объемом (массой) материала не должна терять устойчивость, которая, несомненно зависит от жесткости материала (способности деформироваться при изгибе). Поскольку масса наноструктурной пластины у режущей кромки является критичной величиной, поэтому, в свете отмеченного выше, важной характеристикой может служить не величина модуля упругости сама по себе, а величина удельного модуля, т. е. модуля отнесенного к плотности материала. У рассматриваемого инструментального наноструктурного материала при плотности  $\rho = 14,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  и принятом  $E = 720 \text{ МПа}$  этот показатель составляет  $E_{уд} = 49,66 \text{ (м/с)}^2$ , а у традиционного твердого сплава ВК6 при плотности  $\rho = 14,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  и принятом  $E = 590 \text{ МПа}$  этот показатель составляет  $E_{уд} = 40,14 \text{ (м/с)}^2$ , т. е. этот показатель на 25% выше у наноструктурного материала, чем у традиционного твердого сплава. Кроме того, на устойчивость режущей кромки влияет собственно размер зерна WC в материале. Очевидно, чем мельче зерно, тем меньше выкрашивание, и следовательно, выше устойчивость и износостойкость режущей кромки инструмента. У наноструктурного материала «ВолКар» по этому показателю также существенное преимущество по сравнению с традиционными твердыми сплавами.

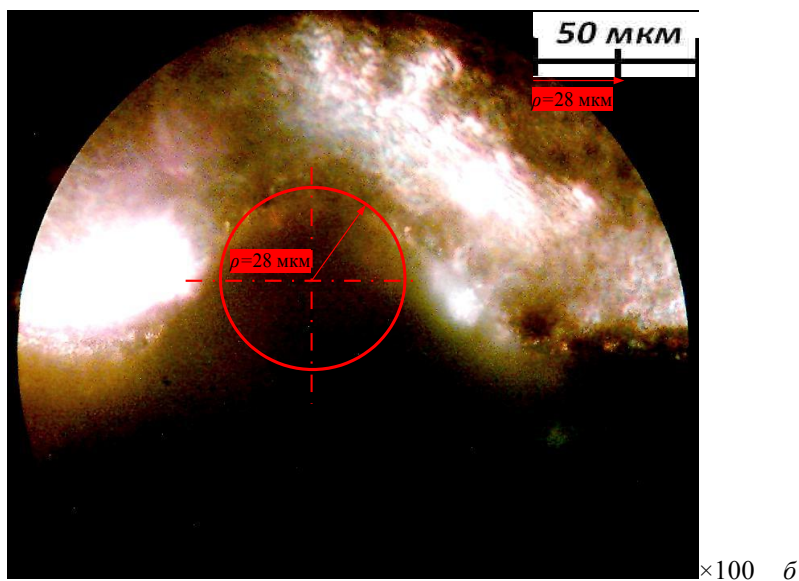
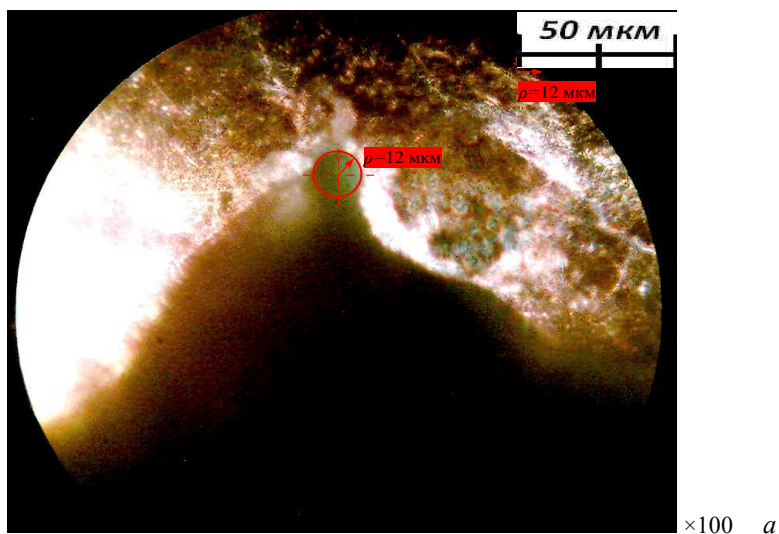


Рисунок 4 – Микрофотографии отпечатка остроты кромки  
а – твердый сплав «ВолКар», б – твердый сплав ВК6.

Преимущество твердого сплава «ВолКар» по сравнению с традиционными сплавами проявляется также в устойчивости шероховатости и остроты

(радиуса округления) режущей кромки при точении. После обработки закаленной стали ХВГ (55...58 HRC<sub>3</sub>) установлено, что в отличие от обычных твердых сплавов при высокой скорости резания, изменение шероховатости и остроты режущей кромки у сплава «ВолКар» незначительны. У рассматриваемого сплава «ВолКар» увеличиваются шероховатость кромки на 7%, а радиус округления режущей кромки на 16%. При тех условиях обработки у твердого сплава ВК6 шероховатость кромки возрастает на 26%, а радиус округления режущей кромки – 52%.

Наноструктурный твердый сплав «ВолКар», являясь однофазным, менее подвержен воздействию температурного фактора, который приводит к развитию микротрещин из-за различного значения коэффициентов теплового расширения разных фаз; кроме того, поскольку в сплаве «ВолКар» отсутствует связующий, деформируемый компонент, то ослабление карбидной структуры не происходит, а выкрашивание наноразмерных зерен WC происходит менее интенсивно, что и способствует повышению работоспособности инструмента.

Таким образом, можно отметить, преимущество твердого сплава «ВолКар» по сравнению с традиционным сплавом ВК6 по таким характеристикам качества инструментов как шероховатость и острота (радиус округления) режущей кромки.

**Список использованных источников:** 1. Боровский Г.В. Инструментальное производство в России / Г. В. Боровский. – М.: «ВНИИинструмент», 2008. – 160 с.: ил. 2. Семко М. Ф. Электроалмазное шлифование инструментальных материалов / М. Ф. Семко, А. И. Грабченко, Н. В. Левченко, А. Ф. Раб - Киев, «Вища школа», 1974. 3. Дьяченко П. Е. Острота лезвия инструмента и качество поверхности / Дьяченко П. Е. - Станки и инструмент.– 1950.– № 2. – с. 19–20. 4. Милейко С. Т. Композиты и наноструктуры / Милейко С. Т. – Механика композитных материалов. 2009. 46. №1– с. 6–37.

*Поступила в редколлегию 26.05.2011*

**Bibliography (transliterated):** 1. Borovskij G.V. Instrumental'noe proizvodstvo v Rossii / G. V. Borovskij. – М.: «VNIInstrument», 2008. – 160 s.: il. 2. Semko M. F. Elektroalmaznoe shlifovanie instrumental'nyh materialov / M. F. Semko, A. I. Grabchenko, N. V. Levchenko, A. F. Rab - Kiev, «Viwa shkola», 1974. 3. D'jachenko P. E. Ostrota lezvija instrumenta i kachestvo poverhnosti / D'jachenko P. E. - Stanki i instrument.– 1950.– № 2. – с. 19–20. 4. Milejko S. T. Kompozity i nanostrukтуры / Milejko S. T. – Mehanika kompozitnyh materialov. 2009. 46. №1– с. 6–37.